

Az elektromágneses terekre (0-300 GHz) vonatkozó sugárvédelmi szabványok szerepe a mezőgazdasági környezetben

Joó Ervin – Dr. Szász András, Szent István Egyetem

A környezet elektromágneses (EM) terhelését növelő technikák tömeges megjelenése aggodalmat váltott ki úgy a lakosság, mint a szakemberek körében. Miközben a szakemberek egy része azt hangsúlyozza, hogy lehetőleg legyenek „távolságtartók” pl. a tévétől, mikrohullámú sütőtől vagy nagyfeszültségű vezetékektől, addig a közvélemény nem érti, hogy házuk tetéjére vagy a lakóhelyük közelébe telepített bázis-adóállomások, antennák miért veszélytelenek. A 750, 400 kV-os távvezetékek, a rádiótelefonok bázisállomásainak, valamint a különböző katonai és polgári nagyfrekvenciás sugárhálóknak az elterjedésével a kérdés felmerül a mezőgazdaságban dolgozók egészségvédelme szempontjából is, mivel munkájuk során több-kevesebb időt tölthetnek az említett berendezések biztonsági övezetében. Éppen ezért a hazai villamos biztonságtechnikával foglalkozó szakirodalom már másfél évtizede a 400 kV-os távvezetékek alatt dolgozó mezőgazdasági erő- és munkagépeknél egységes 1200x1000 mm-es alumínium árnyékolórács alkalmazását javasolta [10]. Ugyanígy felvetődik az élelmiszerlánc részeivé váló, sugárzásnak szintén kitett mezőgazdasági termékek vizsgálatának igénye is.

A világ számos országában évtizedek óta folyamatosan vizsgálják az elektromágneses erők erőtérét élő szervezetekre (emberre, állatra, növényre) gyakorolt direkt és a táplálkozási láncra gyakorolt indirekt hatását, azonban a téma még messze nem kiforrott [3, 6, 9, 13, 18, 19, 20]. Különösen az utóbbi 20 évben növekedett meg a nemionizáló (gyakorlatilag a látható sugárzás tartomány alatti) elektromágneses (EM) sugárzás biológiai hatásaival foglalkozó tudományos publikációk száma. Ennek az volt az oka, hogy az 1970-es évektől több epidemiológiai vizsgálat is összefüggést vélt felfedezni az EM hullámok és egyes daganatos megbetegedések kialakulása között. Nagyon fontos azonban objektíven vizsgálni a sugárzás biológiai hatásait, hiszen – az ionizáló sugárzás alkalmazásához hasonlóan – míg meghatározott frekvenciák, intenzitások és expozíciós idők esetén a sugárzás károsítja a szervezetet (pl.: égési sérüléseket okoz), addig megfelelően megválasztott paraméterek esetén gyógyító (pl. fizioterápiás kezelések, hipertermia), a magvak esetében (pl.: túsoros, solenoidos, illetve bifiláris kezelőberendezéssel) pedig csírázóképeség-növelő hatást fejthet ki [5, 13, 14, 15, 16].

A Szent István Egyetem Géptani Intézetében működő Biotechnika Csoport 1994-től folytat kísérleteket különböző vetőmagvak elektromágneses stimulálásával kapcsolatban,

és vizsgálja az esetleges humán hatásokat. A mezőgazdasági munkavégzésnél, valamint a különböző EM magkezelő berendezések üzemeltetése során a dolgozók egészségének védelme érdekében az expozíció kiértékelésére mindenképpen szükség van a legfontosabb hazai és nemzetközi szabványok és ajánlások ismeretére.

Az EM terek vizsgálata során a tér jellemzésére az elektromos térerősség (E [V/m]), a mágneses térerősség (H [A/m]), valamint a két vektorszorzata a Poynting vektor (S [W/m²]) teljesítménysűrűség használata. Ezek a távlatokban (akkor, ha a forrás és a vevő távolsága jóval nagyobb az elektromágneses sugárzás hullámhosszájánál) egymásba átszámíthatóak (1).

$$S = E \cdot H = \frac{E^2}{377} = H^2 \cdot 377 \quad (1)$$

A helyzet közelítőleg ennél bonyolultabb, mivel az E és a H nincsenek fázisban, az EM tér inhomogén, és a 377 ohmos síkhullám-impedanciától jelentős eltérés lehet. Tehát bizonyos helyeken előfordulhatnak majdnem „tisztán” E és H terek. Az expozíció meghatározása is nehéz, mivel mind az E és H tereket külön kell mérni. Ebben az esetben a teljesítménysűrűséggel már nem lehet megfelelően jellemezni a teret.

Az időben változó EM terek az emberi testben áramokat indukálnak, melyek nagymértékben függenek a test paramétereitől, valamint a frekvenciától. A belső térerősség és

az indukált áram között az Ohm törvény teremt kapcsolatot (2).

$$J = \sigma \cdot E \quad (2)$$

ahol σ a közeg vezetőképessége.

Az abszorbeált dózisra a nemzetközi szakirodalomban a Specific Absorption Rate-t (SAR) [W/kg, W/g] használják. A SAR az egységnyi tömegben elnyelt teljesítmény nagyságát adja meg. (3)

Az elektromágneses sugárzások biológiai hatásait a termoreguláció érintettsége szempontjából három részre szokás bontani, melyhez három expozíciós tartomány is rendelhető [20]:

- Hőhatás (thermal effects): hőmérséklet emelkedéssel járó expozíció (2-8 mW/g felett), amely 1 °C-nál nagyobb hőmérséklet emelkedést okozhat,
- Atermikus hatás (athermal effects), a hőmérséklet nem emelkedik a termoreguláció miatt (0,5-2 mW/g)
- Nemtermikus hatás (non-thermal effects), nincs hőmérséklet-emelkedés, termoreguláció nem érintett (0,5 mW/g alatt).

Számos esetben az expozíciók osztályozása nem ilyen egyszerű, mivel a SAR hőhatást okozó értékeiben nagy átfedés lehet az adott biológiai rendszer, szerv termoregulációs képessége szerint [12].

A tudományos bizonyított bioeffektusok ellenére a határértékek meghatározása nem egyszerű feladat, mivel komoly problémát jelent többek közt az, hogy az állatkísér-

1. táblázat Az ICNIRP (1998) szabvány EM terekre vonatkozó referenciaértékei [2]

Expozíció jellege	Frekvenciasáv	E tér [V/m]	H-tér [A/m]	B [μT]	S _{eq} [W/m ²]
Foglalkozási expozíció	< 1 Hz	-	1.63x10 ⁵	2x10 ⁵	-
	1-8 Hz	20000	1.63x10 ⁵ /f ²	2x10 ⁵ /f ²	-
	8 Hz-25 Hz	20000	2x10 ⁴ /f	2.5x10 ⁴ /f	-
	0.025-0.82 kHz	500000/f	20000/f	25000/f	-
	0.82-65 kHz	610	24.4	30.7	-
	0.065-1 MHz	610	1.6/f	2.0/f	-
	1 MHz-10 MHz	610/f	1.6/f	2.0/f	-
	10-400 MHz	61	0.16	0.2	10
	400-2000 MHz	3f ^{1/2}	0.008f ^{1/2}	0.01f ^{1/2}	f/40
	2-300 GHz	137	0.36	0.45	50
Lakossági expozíció	< 1 Hz	-	3.2x10 ⁴	4x10 ⁴	-
	1-8 Hz	10000	3.2x10 ⁴ /f ²	4x10 ⁴ /f ²	-
	8 Hz-25 Hz	10000	4000/f	5000/f	-
	0.025-0.8 kHz	25000/f	4000/f	5000/f	-
	0.8-3 kHz	25000/f	5	6.25	-
	3-150 kHz	87	5	6.25	-
	0.15-1 MHz	87	0.73/f	0.92/f	-
	1 MHz-10 MHz	87f ^{1/2}	0.73/f	0.92/f	-
	10-400 MHz	28	0.073	0.092	2
	400-2000 MHz	1.375f ^{1/2}	0.0037f ^{1/2}	0.0046f ^{1/2}	f/200
2-300 GHz	61	0.16	0.2	10	

leteknél kapott eredményeket nem lehet teljes biztonsággal emberek esetében alkalmazni, lineáris interpolációt nem lehet használni, mivel a biológiai folyamatok erősen nemlineáris jellegűek, további gondot jelent a biztonsági faktorok vagy a határértékek alapját jelentő jelenségek helyes megválasztása.

Az átlagosan elnyelt teljesítményt – mint dóziskorlátot alapul véve – új szemléletű szabványok, ill. ajánlások születtek. A nemzetközi és nemzeti ajánlásokban, szabványokban az EM expozíciók sugárvédelmi koncepciója általában három fő elemet tartalmaz [20]:

– ún. megengedhető határértékeket (expozíciós korlátokat) határoznak meg, amelyek alapját az addig összegyűjtött adatok képezik, a határértékek megállapításánál biztonsági faktorokat alkalmaznak.

– A sugárterhelések tárgyalásában lényeges különbséget tesznek a lakossági (general public) és a foglalkozási (occupational) expozíció között. Egyes szabványok és ajánlások a foglalkozási, ill. lakossági kifejezések helyett az ún. ellenőrzött (controlled) és nem ellenőrzött (uncontrolled) expozíciós területek kifejezéseket használják. A lakossági határérték általában egyötöd, egytized része a munkahelyre megengedett értéknek.

– Az expozíció korlátait a frekvenciától függően az elnyelt teljesítmény (SAR), az áram-sűrűség (J) és a teljesítménysűrűség (S) határozza meg, ebből származtatják az ajánlásban szereplő és mérhető, ill. mérhető megengedhető határértékeket W/m^2 -ben, mW/cm^2 -ben, V/m -ben vagy A/m -ben.

Az utóbbi években az EU-szabványosítási folyamatok is elindultak [1]. A tárgyban érvényben lévő magyar szabvány az MSZ 16260-86 [7, 11], mely mivel nem tárgyalja az extrém alacsony frekvenciákat, az 50 Hz-es hálózatokra sincs határértéke. Az OSSKI javaslatára megszűletett a 32/2000-es miniszteri rendeletben [4] már a nemzetközi gyakorlatból ismert lakossági és munkahelyi expozíció terminológiáját használják, és az MSZ frekvenciasávjait összevonták.

Az ICNIRP ajánlása lefedi a 0-300 GHz-ig terjedő frekvenciatartományt, és célja az EM terek ismert káros hatásaitól való védelem. Ún. alap- és referenciaszinteket (I. táblázat) állapítottak meg. Az alapszint értékeit közvetlenül az egészségügyi hatásokból vezették le, és ezekből határozták meg a referenciaértékeket (matematikai modellezéssel, valamint laboratóriumi kísérletek extrapolálásával), amelyeket könnyebben lehet mérni. Érdemes megjegyezni, hogy a 400 kV-os távvezeték közelében tevékenykedő vetőgépen fejmagasságban 6 kV, nyitott pótkocsin 5.1 kV térerősség alakul ki [10], amely egy nagyságrenddel nagyobb, mint a nemzetközileg elfogadott ajánlásokban megengedett érték.

Az ICNIRP ajánlásában az élő szervezetek és az időben változó E és M mezők között fellépő, tudományosan bizonyított kölcsönhatásokat vették figyelembe:

• kisfrekvenciájú E tér hatásai: a szervezetben elektromos töltések elmozdulnak, a töltések polarizálódnak, az elektromos dipólok a tér irányába fordulnak, a test felületén indu-

kált töltések jönnek létre, amelyek a testben is áramot indukálnak.

• kisfrekvenciájú M tér hatásai: a szervezetben E teret, valamint örvényáramokat indukálnak.

• energiaabszorpció az EM térből: az alacsonyabb frekvenciáknál az energiaabszorpció elhanyagolható, és a hőmérséklet-növekedés sem jelentős, azonban 100 kHz felett már számottevővé válik.

– 100 kHz-20 MHz: a törzsben gyorsan nő az abszorbeált energia nagysága, valamint jelentős az abszorpció a nyakban és a lábszárbán,

– 20 MHz-300 MHz az egész testben nagy az abszorpció, 70 MHz környékén (csecsemőknél kb. 100 MHz) rezonanciajelenség figyelhető meg, amely miatt a szabványok ezeken a frekvenciákon adják meg a legalacsonyabb határértékeket,

– 300 MHz-től néhány GHz-ig található a lokális elnyelődés tartománya,

– 10 GHz felett már csak felületi elnyelődés tapasztalható.

A szabvány említést tesz az indirekt kölcsönhatási mechanizmusokról (EM tér hatására érintési áramütés amely pl. földetlen traktor érintésekor léphet fel, valamint az implantátumokkal ill. orvosi berendezésekkel rendelkező személyek esetében felmerülő problémákról), és meghatározza a végtagokban megengedhető legnagyobb indukált áram értékét (mely a vetőgépen álló ember szempontjából lehet lényeges).

Összefoglalva: Az energiaátvitelből, távközlésből és egyéb nagy teljesítményű EM sugárforrásokból származó terhelés az utóbbi évtizedekben jelentősen megnőtt. Emiatt a berendezések közelében dolgozók esetében újfajta üzemeltetési problémákkal kell szembenézni. Különösen igaz ez a sugárforrások közelében mezőgazdasági munka- és erőgépen dolgozók esetében, akik a sugárforrások biztonsági övezetén belül végezhetik a tevékenységüket. Az EM expozíció korlátozására léteznek hazai és nemzetközi jogszabályok, melyek betartása esetén az EM terekből származó egészségkárosodás jelenlegi tudásunk szerint kizárható. Tekintettel arra, hogy a mezőgazdasági dolgozók a sugárzás miatt speciális orvosi ellenőrzésnek nincsenek alávetve, így a szigorúbb – lakossági expozíciós – korlátok hatálya alá esnek. Egészségük védelme érdekében célszerű lehet a jelentősebb sugárforrások közelében ellenőrző mérések végzése, biztonsági övezetek kijelölése, ill. a munkagépek árnyékolóeszközökkel való ellátása.

Summary

Possible biological effects of EMF have been discussing for many years. The importance of the problem is shown by a lot of international scientific examinations. It may be a relevant question among the agricultural labourer working inside the safe range of the 750, 400 kV power lines, cell phone base stations and other civilian and military radio-frequency radiation sources. In Hungary the coordinator of the research is the OSSKI

(Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet) connected numerous international projects (COST 244, WHO, CEPOS). In the Institute of Machinery of Szent István University a Bioengineering Team exists which deals with the health effects of the electromagnetic fields. In this short article we would like to give a brief insight into the rationale of the guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields and the possible protection possibilities.

Lektorálta: Dr. Tóth László, az MTA doktora

Irodalomjegyzék

[1] British Standard, Human exposure to electromagnetic fields – High frequency (10 kHz to 300 GHz), DD ENV 50166-2:1995

[2] ICNIRP Guidelines, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz) Health Physics April 1998, Volume 74, Number 4:494-522

[3] János, I. Nagyfeszültségű távvezeték biológiai hatása, Fizikai Szemle 1992/6, 210-215.p.

[4] Magyar Közlöny, Az egészségügyi miniszter 32/2000. (XI.16.) EüM rendelete a vezeték nélküli távközlési építmény által kibocsátott elektromágneses sugárzás egészségügyi határértékeiről, 2000-112. szám

[5] Mátay, G. - Zombory, L. A rádiófrekvenciás sugárzás élettani hatásai és orvosi biológiai alkalmazásai, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000.

[6] Morgan, G. A villamos áram elektromos és mágneses erőit: mit tudunk ezek lehetséges egészségkárosító hatásairól, ÁNTSZ Tolna Megyei Intézete, Szekszárd 1994, 5-29.p.

[7] MSZ 16260-86, A nagyfrekvenciás elektromágneses tér megengedett határértékei

[8] Olden, K. NIEHS Report on Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields, US. National Institutes of Health, Research Triangle Park, 1999, 1-41.p.

[9] Petrasovits, I. A nagyfeszültségű elektromágneses terek mezőgazdasági környezeti hatásairól, Tanulmány 1994, 2-5.p

[10] Sembery, P. Villamos biztonságtechnika, Gödöllői Agrártudományi Egyetem, 1987, p.64-68.,

[11] Szabványügyi Közlöny, A nagyfrekvenciás elektromágneses tér megengedett határértékei című szabvány módosítása, 1993-12. sz.

[12] Szalay, L.; Ringler, A. Biofizika Tankönyvkiadó Bp 1986, 25-55.p., 125-148.p.

[13] Szász, A. Az elektroszmog élettani hatásai, Gödöllő 1997, 1-25.p.

[14] Szendrő Péter at. al. OTKA 1522 kutatási jelentés, 1994

[15] Szendrő Péter at. al. OTKA T-017717 kutatási jelentés, 1998

[16] Szendrő Péter at. al. OMF 96-97-44-1054 sz. kutatási jelentés, 1998

[17] The Parliament of Commonwealth of Australia, Inquiry into Electromagnetic Radiation, Report of the Senate Environment, Communications, Information Technology and the Arts References Committee, May, 2001.

[18] Thuróczy, Gy. Az elektromágneses terek biológiai hatásai I., Magyar Távközlés 1996/9, 50-56.p.

[19] Thuróczy, Gy. Az elektromágneses terek biológiai hatásai II., Magyar Távközlés 1996/11, 21-28.p.

[20] Thuróczy, Gy. A mobil hírközlés sugáregészségügyi kérdései., Magyar Távközlés 1998/7, 26-33.p.